

## ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА БОКСИТОВ ВЕЖАЮ-ВОРЫКВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ ТИМАН)

© 2018 г. А. М. Минин

*Ухтинский государственный технический университет*

Средний Тиман — богатейший регион с различными природными ресурсами и непередаваемыми красотами. В комплексе природных ресурсов определенную нишу занимают бокситы. Давайте же окунемся в историю освоения и поисков бокситов на территории Тиманского кряжа.

Систематическое изучение геологического строения Среднего Тимана началось в 1933 г. Впервые о перспективе Среднего Тимана на бокситы сообщил в 1933 г. И.Г. Добрынин. Он установил повышенное содержание  $Al_2O_3$  (до 34%) в аргиллитовидных глинах раннекаменноугольного возраста по р. Нерице и положительно оценил район на поиски бокситов, рекомендовав проведение здесь поисковых работ. В конце 1940-х гг. детальное изучение стратиграфии девонских отложений Среднего Тимана выполнил С.В. Тихомиров, впервые расчленивший девонский разрез и выделивший в нем титаноносные слои. В 1947–1954 гг. поисковые работы на радиоактивные руды проводили геологи Ухткомбината под руководством О.А. Солнцева. В 1957–1958 гг. В.И. Горский-Кручинин, Х.О. Траат и Д.А. Саар при проведении геологической съемки масштаба 1:200000 в бассейне р. Нижняя Пузла на Четласском Камне обнаружили в четвертичных отложениях обломки бокситовых пород. Содержание  $Al_2O_3$  в них составило 49.6%, кремневый модуль — 2.14, но выводов об их происхождении сделано не было.

В 1965 г. при геологической съемке масштаба 1:50000 на Четласском Камне А.М. Плякиным были установлены сначала коры выветривания на девонских базальтах, а затем — обломки железистых бокситовых пород с содержанием  $Al_2O_3$  33.66% и кремневым модулем 1.94 в четвертичных отложениях вблизи развития девонских базальтов в верховьях р. Мезень. На этом основании было высказано предположение о возможной связи бокситов с корами выветривания и о необходимости постановки работ по их изучению. С 1968 по 1970 гг. на Тимане работала партия по изучению кор выветривания. Детальное изучение было проведено О.С. Кочетковым в бассейне р. Мезенской Пижмы. В 1969 г. опубликована статья, в которой авторы предположительно отнесли коры выветривания на девонских базальтах к первоисточникам визейских бокситов.

Осенью 1970 г. в верхнем течении р. Ворыквы на месте обнаружения А.А. Лютоевым обломков бокситовых пород было пройдено 4 шурфа, заданных А.М. Плякиным и В.М. Пачуковским. В шурфе № 4 впервые на Тимане был вскрыт под четвертичными отложениями мощностью 2.1 м, пласт девонских бокситов мощностью 1.3 м. Проба бокситов показала содержание  $Al_2O_3$  41.5% при 32.0% валового железа и кремневом модуле 5.4.

Весной 1971 г. при маршрутном обследовании водораздела реки Ворыквы и Вежаю, в 8.5 км от Верхне-Ворыквинского участка, геолог М.И. Ферапонтов обнаружил, а позднее совместно с В.П. Абрамовым и Г.П. Гуляевым проследил, красные глины с обломками латеритных бокситов. В дальнейшем бурением была вскрыта Центральная залежь бокситов, ставшая составной частью крупного Вежаю-Ворыквинского месторождения.

Разведочные работы на месторождениях Ворыквинской группы, проводившиеся с перерывами в течение 1972–1989 гг. под руководством В.Г. Смирнова, Б.А. Яцкевича, И.Ф. Любинского, В.И. Сиротина, завершились подсчетом запасов и утверждением их в ГКЗ СССР: по Вежаю-Ворыквинскому месторождению — в 1977 г., по Верхне-Шугорскому и Восточному — в 1989 г.

Поисковые работы, проводившиеся параллельно с разведкой месторождений вплоть до 1994 г. на значительной площади Тимана, носили комплексный характер и позволили существенно уточнить особенности и детали геологического строения территории. По их результатам были выявлены мелкие залежи бокситов на флангах Ворыквинского рудного тела, а также целый ряд перспективных проявлений редких металлов, полиметаллов, марганца, различных видов нерудного сырья и стройматериалов.

Главными особенностями Вежаю-Ворыквинского месторождения являются его крупные размеры и запасы, близповерхностное залегание продуктивного пласта значительной мощности, доступность для открытой отработки и высокое качество, позволяющее перерабатывать их на глиноземе по существующим технологиям при соотношении наиболее экономичной байеровской ветви и спекательной 85:15. При этом возможным оказалось извлечение попутных элементов: галлия, ванадия и скандия.

В настоящее время бокситы месторождения успешно разрабатываются ОАО «Боксит Тимана» с отгрузкой руды на Уральские глиноземистые и алюминиевые заводы. Некоторый объем мало-железистой руды отправляется для производства огнеупорного сырья (например, на Семилукский завод в Воронежской области). Объем добычи бокситов на Среднем Тимане в 2017 г. превысил 40 млн тонн.

По литологическим и генетическим особенностям бокситы Ворыквинской группы подразделяются на три природных типа: элювиальные, делювиально-коллювиальные и делювиально-пролювиальные. Внутри типов по текстурно-структурным, минералогическим особенностям, окраске выделяется ряд литологических разновидностей.

Элювиальные (остаточные) бокситы по текстурным признакам подразделяются на реликтовосланцеватые с четкими унаследованными текстурными признаками и массивные — без видимых реликтовых текстур. Это преимущественно красноцветные, каменистые, неравномерно пористые бокситы с разными прочностными характеристиками, сходные по минеральному и химическому составам. По минеральному составу относятся к гематит-бемитовому, каолинит-гематит-бемитовому типам; по химическому составу — к среднеглиноземистым, высокожелезистым, бессернистым, умеренно- и малокальциевым.

Макроскопически делювиально-коллювиальные (карстовые) бокситы — однородные каменистые породы, умеренно прочные до рыхлых. Для них характерно грубо- и неравномерно-обломочное сложение с широким распространением брекчиевидных текстур, а также повышенная кавернозность. Выделяются как красноцветные (рис. 1А), так и пестроцветные разновидности, подвергшиеся неравномерному осветлению в верхних частях разреза и умеренной шамозитизации — в нижних (рис. 1Б).

Минеральный состав красноцветных разновидностей гематит-бемитовый с незначительной примесью каолинита, иногда диаспора, пестроцветных — каолинит-гематит-бемитовый, шамозит-гематит-бемитовый. Примесь диаспора обычно не превышает 8–12%.

По химическому составу и качественным характеристикам коллювиальные бокситы очень близки к элювиальным. Пестроцветные коллювиальные бокситы характеризуются более низким содержанием глинозема, несколько большим содержанием закисного железа и кремнезема и в целом — пониженным качеством (рис. 2).



Рис. 1. Разновидности делювиально-коллювиальных бокситов



**Рис. 2. Коллювиальные бокситы с низким содержанием глинозема**

Делювиально-пролювиальные (переотложенные) бокситы имеют достаточно широкое распространение, сравнительно небольшие средние мощности и пониженное качество. Их доля в общем балансе руд меняется от 15% до 47% по рудным телам Вежаю-Ворыквинского месторождения.

Среди переотложенных бокситов выделяются три литологические разновидности: красноцветные (рис. 3А) и пестроцветные (рис. 3Б) псефито-псаммитовые и алевропелитовые бокситы.



**Рис. 3. Псефито-псаммитовые и алевро-пелитовые бокситы**

По минеральному составу среди переотложенных бокситов преобладает каолинит-бемитовый, гематит-каолинит-бемитовый тип. Красно- и пестроцветные разновидности по химическому составу являются менее качественными, характеризуются пониженной глиноземистостью, повышенными содержаниями кремнезема и железистостью.

Алевропелитовые бокситы по минеральному составу существенно бемитовые, а по химическому — характеризуются высоким содержанием глинозема, относительно высоким содержанием кремнезема (12–18%), низкими содержаниями оксидов железа и высокими — оксида титана.

Обобщая литологическую характеристику бокситов, следует отметить, что выделенные разновидности не требуют селективной отработки при эксплуатации, особенно, если учесть, что качественные параметры их в целом довольно близки и практически не влияют на среднее качество руды.

Более отчетливо выделяются и различаются не генетические группы и разновидности, а выделенные природные типы руд месторождения: красноцветные, пестроцветные и обеленные.



**Бокситы I типа**, объединяют близкие по своим качественным показателям красноцветные разновидности элювиальных и делювиально-коллювиальных; к этому же типу отнесены красноцветные делювиально-пролювиальные бокситы с несколько отличными качественными характеристиками, которые, из-за незначительной мощности и распространенности, не оказывают большого влияния на качество руд в целом. Бокситы данного типа являются преобладающими и наиболее высококачественными в структуре месторождения, составляя 75–85% их общего количества.

**Бокситы II типа**, объединяющие пестроцветные разновидности делювиально-коллювиальных и делювиально-пролювиальных, в меньшей степени — элювиальных бокситов, и составляющие 15–20% общего объема запасов, отличаются большими колебаниями содержания глинозема, несколько повышенным содержанием кремнезема и значительным увеличением доли закисного железа в результате процессов шамозитизации. В целом это менее качественный тип бокситов.

**Бокситы III типа**, составляют 5–6% от общего количества и включают обеленные разновидности элювиальных, делювиально-коллювиальных и делювиально-пролювиальных генетических групп. Бокситы данного типа достаточно резко отличаются своими качественными показателями и характеризуются повышенными содержаниями глинозема и пониженными — железа.

Самостоятельное значение для селективной отработки имеют только высококачественные маложелезистые бокситы.

Вещественный состав бокситов изучен широким комплексом методов при количестве определений, достаточном для полной характеристики всех разновидностей бокситов. Установлена однородность минерального состава руд по месторождению и резкое преобладание бемита в составе бокситов при подчиненном распространении диаспора и, иногда, корунда. Основная часть бокситообразующих минералов находится в тонкодисперсной форме (менее 5 мк), только на отдельных участках присутствуют более крупнозернистые агрегаты.

Свободный глинозем в бокситах связан, главным образом, с бемитом и в незначительном количестве (1–2%) с диаспором и корундом. Кремнезем входит в состав шамозита, каолинита, гидрослюд, серицита и хлорита. Железо содержится в основном в гематите, реже — в гетите и алюмогетите. Минералами титана являются рутил и анатаз. Карбонаты (доломит, кальцит) встречаются редко. В небольшом количестве присутствует пирит, с которым связана сера.

Маложелезистые бокситы (МЖБ) встречаются как разновидность любого из перечисленных выше генетических типов, но тем не менее в основном связаны с I (остаточным) и III (переотложенным) типами. Они представляют собой пелитоморфные и тонкозернистые породы светлой окраски, маркие, сухие, мелкопористые, сланцеватые и массивные, с плитчатой отдельностью.

В составе МЖБ резко преобладает бемит, слагающий до 80–85% породы, в качестве примесей отмечаются: диаспор — следы до 1–2%; каолинит — 5–15%; шамозит — от 0 до 2–5%; минералы железа и титана — первые проценты.

Общими особенностями вещественного состава глиноземистых бокситов Среднего Тимана являются:

- однотипный минеральный состав руд при различном количественном соотношении двух-трех ведущих минералов (бемит, каолинит, шамозит);
- резкое преобладание среди глиноземистых минералов бемита при подчиненном, эпизодическом распространении диаспора и почти полном отсутствии гиббсита;
- низкие содержания в бокситах вредных примесей (кальция, серы, фосфора).

Таким образом, рудные тела характеризуются средним качеством сырья, промежуточным между качеством бокситов СУБРа и Казахстана, при отсутствии таких вредных примесей как S, CO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

По составу и технологическим свойствам в составе бокситов для глиноземистого производства выделяются, как было сказано выше, два технологических сорта: высококачественные байеровские (ГБ-б) и спекательные (ГБ-с) бокситы.

Отнесение к тому или иному технологическому сорту бокситов для Вежаю-Ворыквинского месторождения в основном определяется показателями извлечения глинозема и расхода боксита и зависит от химического состава сырья, в общем случае не связанного с его литологическим составом.

По составу бокситы рассматриваемых рудных тел каолинит-шамозит-бемитовые с примесью диаспора.

Бемит является основным глиноземистым минералом, в целом по месторождению характеризуется высокой дисперсностью (микроны — 0.01 мм), хорошо вскрывается в байеровском процессе при температуре 235–240 °С. В отдельных участках месторождения, особенно в приконтактных с базальтами зонах, появляется укрупненный перекристаллизованный бемит (от 0.02–0.05 мм), который способен сохраняться в шламах в количестве 1–3%, обуславливая недоизвлечение глинозема.

Содержание диаспора составляет 1–2% в определенном типе структурных бокситов, сформировавшихся по существенно карбонатным прослоям субстрата, диаспор на небольших участках является основным минералом глинозема, и его содержание может достигать 40–50%.

Диаспор для данного типа бокситов является генетически метастабильной фазой и характеризуется чрезвычайной дисперсностью (доли микрона — 1 микрон). Очевидно поэтому он в основном хорошо вскрывается в процессе выщелачивания, даже без добавления СаО (содержание СаО в руде не превышает 0.2–0.5%).

Железосодержащие минералы в бокситах месторождения представлены гематитом, шамозитом, в меньшей степени гетитом и алюмогетитом с насыщением по  $Al_2O_3$  от 8 до 20 молярных процентов (или 5–13 вес. %). Алюмогетит встречается практически во всех генетических разновидностях бокситов — от структурных до переотложенных (хотя и не во всех пробах) в количестве 4–5%, изредка до 10–15%. Как и все железистые минералы, алюмогетит накапливается в красном шламе, оказывая тем самым влияние на недоизвлечение глинозема.

Минералы титана ( $TiO_2$  в руде 2.5–3%) представлены преимущественно рутилом, в подчиненном количестве — анатазом.

Подводя итоги изложенному, бокситы являются средне-высокоглиноземистыми, малокарбонатными, бессернистыми, высокожелезистыми. Специфика данного вида сырья заключается в повышенном содержании железа (27–8%). Преобладающим промышленным типом руды на Вежаю-Ворыквинском месторождении, удовлетворяющие требованиям для производства.

*Автор благодарит своего научного руководителя Л.П. Бакулину за всестороннюю помощь при проведении исследований и подготовке статьи.*